
Prüfungsteilnehmer	Prüfungstermin	Einzelprüfungsnummer
---------------------------	-----------------------	-----------------------------

Kennzahl: _____

Kennwort: _____

Arbeitsplatz-Nr.: _____

**Herbst
2015**

44011

**Erste Staatsprüfung für ein Lehramt an öffentlichen Schulen
— Prüfungsaufgaben —**

Fach: **Physik (Unterrichtsfach)**

Einzelprüfung: **Aufbau der Materie**

Anzahl der gestellten Themen (Aufgaben): **1**

Anzahl der Druckseiten dieser Vorlage: **5**

Sämtliche Teilaufgaben sind zu bearbeiten!

Bitte wenden!

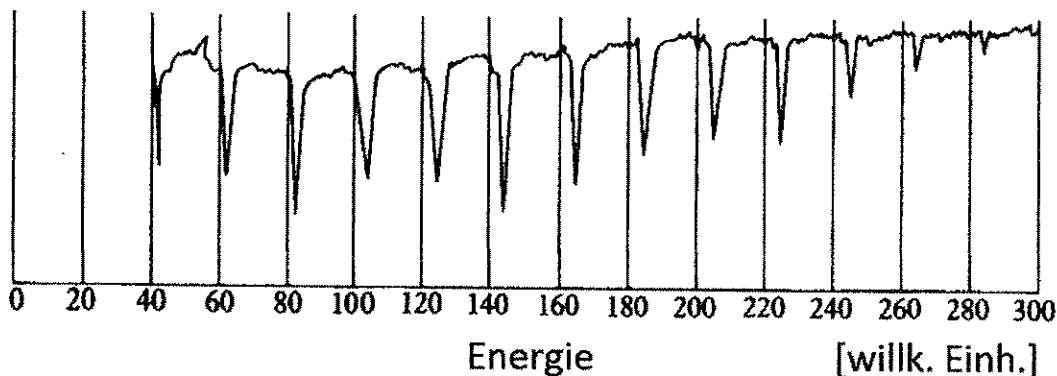
Teilaufgabe 1:**Welle-Teilchen-Dualismus des Photons (20 Punkte)**

Betrachten Sie eine kohärente Lichtquelle, z.B. einen Laser, der aus großer Entfernung eine lichtundurchlässige Platte mit zwei schmalen Schlitzen beleuchtet. In großer Entfernung hinter der Platte befindet sich ein Schirm, auf dem die Intensität des Lichtes gemessen werden kann. Der Laserstrahl sei so weit abgeschwächt, dass jeweils nur einzelne Photonen das Doppelspaltssystem passieren.

- a) Erläutern Sie qualitativ, welche Verteilung der Photonen Sie auf dem Schirm erwarten und begründen Sie dies! Geben Sie die Auftreffwahrscheinlichkeit eines Photons auf dem Schirm als Funktion des Winkels θ gegenüber der Einfallsrichtung der Photonen an!
(5 Punkte)
- b) Skizzieren Sie die Verteilung der Photonen auf dem Schirm, wenn Sie - bei gleicher Anzahl der auf dem Schirm auftreffenden Photonen - zunächst den einen Spalt und dann den anderen Spalt abdecken!
(2 Punkte)
- c) Geben Sie einen Zusammenhang zwischen der Intensität eines (als kreisrund angenommenen) Laserstrahls der Wellenlänge λ und der Anzahl der pro Sekunde durch den Strahlquerschnitt propagierenden Photonen an!
(2 Punkte)
- d) Erläutern Sie, wie in den in Teilaufgaben a) - c) betrachteten Situationen sowohl der Korpuskel- wie auch der Wellencharakter der Photonen zum Ausdruck kommt!
(3 Punkte)
- e) Beschreiben Sie kurz den (äußeren) photoelektrischen Effekt! Nennen Sie den zentralen experimentellen Befund des Effekts, der mit der klassischen Elektrodynamik nicht zu erklären ist!
(4 Punkte)
- f) Berechnen Sie die maximale kinetische Energie und Geschwindigkeit von Photoelektronen, die aus einer Kaliumoberfläche austreten (Austrittsarbeit 2,1 eV), wenn sie mit Licht einer Wellenlänge von 300 nm beleuchtet werden! Ab welcher Wellenlänge treten keine Photoelektronen mehr aus der Oberfläche aus?
(3 Punkte)
- g) Nennen Sie einen weiteren Versuch, bei dem der korpuskulare Charakter der Photonen zum Ausdruck kommt!
(1 Punkt)

Teilaufgabe 2:**Mikrowellen (20 Punkte)**

- a) Der Orion Nebel emittiert Mikrowellen u.a. mit einer Frequenz von $f = 5,46 \cdot 10^9$ Hz. Bestimmen Sie, welchem elektronischen Übergang im Wasserstoffatom mit $\Delta n = 1$ diese Wellenlänge entspricht!
(Hinweis:
Verwenden Sie zur Berechnung eine geeignete Reihenentwicklung und beachten Sie $\frac{1}{n} \ll 1$.)
(4P)
- b) Benennen Sie drei Bindungsarten von Molekülen und erläutern Sie qualitativ deren Unterschiede!
Geben Sie an, welche dieser Bindungen die schwächste ist!
(4P)
- c) Geben Sie die Größenordnung der Energien von Schwingungs- und Rotationsanregungen von Molekülen an und benennen Sie die typischen Spektralbereiche für Übergänge zwischen diesen Anregungen!
(3P)
- d) Die Abbildung zeigt das Transmissionsspektrum für Übergänge zwischen diskreten Rotationsniveaus eines zweiatomigen Moleküls (HCl).



Geben Sie an, welche Auswahlregel für jeden dieser Übergänge erfüllt sein muss! Zeigen Sie, dass der Abstand benachbarter Linien ($\delta = \frac{h^2}{8\pi^2 I}$) konstant ist!
(4P)

- e) Der Abstand zwischen den Absorptionslinien eines zweiatomigen Halogenwasserstoff-Moleküls der Masse 81,9 betrage $\Delta \tilde{\nu} = 8,48 \text{ cm}^{-1}$ ($\tilde{\nu}$ = Wellenzahl). Benennen Sie das beteiligte Halogenisotop! Bestimmen Sie das Trägheitsmoment des Moleküls und berechnen Sie den Abstand der Atome!
(5P)

Teilaufgabe 3:**Altersbestimmung mit ^{40}K (20 Punkte)**

Das radioaktive Kaliumisotop ^{40}K kommt mit einer natürlichen (primordialen) Häufigkeit von 0,0117% vor. Das Isotop zerfällt mit einer Wahrscheinlichkeit von $B_\beta = 0,89$ über Betazerfall und von $B_{\text{EC}} = 0,11$ über Elektroneneinfang. Wegen seiner langen Halbwertszeit von $T_{1/2} = 1,25 \cdot 10^9$ Jahren kann es daher zur Datierung von Gesteins- und Mineralienbildung verwendet werden. Dabei macht man sich zu Nutze, dass bei der Gesteinsbildung (Kristallisation aus der flüssigen Phase) in der Regel alle Gase entweichen.

- a) Nennen Sie zwei Erhaltungssätze, die für den Kalium-Zerfall gelten müssen! (1 P)
- b) Geben Sie für beide Zerfälle die *vollständigen* Reaktionsgleichungen an! (4 P)
- c) Berechnen Sie die Energien, die in beiden Reaktionen frei werden! (2 P)
- d) Berechnen Sie für jede Zerfallsart die Zerfallskonstante!
(Ersatzwerte: $\lambda_\beta = 1,62 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$, $\lambda_{\text{EC}} = 2 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$) (5 P)
- e) Erläutern Sie qualitativ, wie man mit dieser Methode das Entstehungsalter einer Gesteinsprobe bestimmen kann! Begründen Sie, warum eine Aktivitätsmessung ungeeignet ist! Benennen Sie mindestens ein mögliches experimentelles Verfahren! (4 P)
- f) In einer Gesteinsprobe wird ein Ar/K Verhältnis von $V = 0,2$ gemessen. Berechnen Sie das Alter der Probe! (4 P)

Teilaufgabe 4:**Freies Elektronengas in Metallen (20 Punkte)**

Eine mögliche Modellvorstellung für die Elektronen in einem Metall ist das Modell des freien Elektronengases.

- a) Nennen Sie die Grundannahmen dieses Modells! Geben Sie die Wellenfunktion eines Elektrons im eindimensionalen Raum und die zugehörige Energie an! Geben Sie an, welche Werte für den Wellenvektor der eindimensionalen Wellenfunktion erlaubt sind, wenn man periodische Randbedingungen fordert! (5P)
- b) Betrachten Sie das dreidimensionale Modell mit periodischen Randbedingungen bei $T = 0$ K! Geben Sie mit Begründung an, welche Zustände des freien Elektronengases besetzt und welche leer sind! Benennen Sie die Grenzenergie und zeigen Sie, dass diese durch den Ausdruck $E_F = \frac{\hbar^2}{2m_e} (3\pi^2 n)^{2/3}$ gegeben ist! Bestimmen Sie die Elektronendichte für ein Metall mit kubisch raumzentrierter Gitterstruktur (bcc) und Gitterkonstanten $a = 2,6 \text{ \AA}$ und berechnen Sie E_F , beides unter der Annahme, dass jedes Atom ein Elektron zum Elektronengas beisteuert! (6P)
- c) Zeichnen Sie die Besetzungswahrscheinlichkeit der Zustände als Funktion der Energie für $T = 0$ K und für eine endliche Temperatur $T > 0$ K. Erläutern Sie das Verhalten für $T > 0$ K. Geben Sie mit Begründung an, welche Elektronen zur Wärmekapazität des Elektronengases beitragen. (5P)
- d) Betrachten Sie nun ein eindimensionales Modell eines Metalls, bei dem Atome den Abstand a zueinander haben. Die Wechselwirkung der Atomrümpfe mit den Elektronen sei vorhanden, aber so schwach, dass die elektronische Struktur des Festkörpers durch Veränderungen des Modells des freien Elektronengases abgeleitet werden kann.
- i) Geben Sie die Grenzen der ersten Brillouin-Zone an!
- ii) Zeichnen Sie die Bandstruktur des freien Elektronengases zunächst unter Vernachlässigung und dann unter Berücksichtigung der Wechselwirkung mit den Atomrümpfen! Zeigen Sie, dass so zwei Bänder entstehen, das Valenz- und das Leitungsband! (4P)